[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B25J 5/00 *(2006.01)*

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01819031.6

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1236898C

[22] 申请日 2001.11.16 [21] 申请号 01819031.6

[30] 优先权

[32] 2000.11.17 [33] JP [31] 352012/00

[86] 国际申请 PCT/JP2001/010027 2001.11.16

[87] 国际公布 WO2002/040225 日 2002.5.23

[85] 进入国家阶段日期 2003.5.16

[71] 专利权人 本田技研工业株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 高桥秀明 宫崎进

审查员 陈海英

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 何腾云

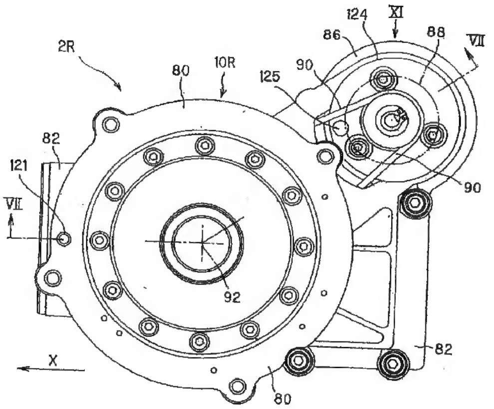
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 12 页

[54] 发明名称

腿式步行机器人

[57] 摘要

一种腿式步行机器人，其中，驱动连接上身和腿部 2R 的关节 10R 的电动机 88 配置在腿部一侧，同时采用偏离关节转动轴线的方法，配置电动机 88。此外，在装有电动机 88 的电动机安装部件 86 与上身相对的位置上穿孔设置开口部。由此达到易于机器人腿部的装卸，提高其维修性能。此外，也能易于调整由驱动源为连接上身和腿部的关节传递驱动力的动力传递手段。另外，能够以任意角度转动腿部，使旋转动作等变得容易。



1. 一种腿式步行机器人，至少具备上身及借助各自绕垂直轴转动的关节与上述上身可自由转动地连接的多个腿部，其特征在于：在上述腿部一侧配置驱动上述绕上述垂直轴转动的关节的驱动源。

2. 如权利要求 1 记载的腿式步行机器人，其特征在于：采用偏离上述关节的转动轴线的方法，配置上述驱动源，借助动力传递手段连接上述关节。

3. 如权利要求 1 或 2 记载的腿式步行机器人，其特征在于：用外壳覆盖上述驱动源，同时在上述外壳与上述上身相对的位置穿孔设置开口部。

4. 一种腿式步行机器人，至少具备上身及借助各自绕垂直轴转动的关节与上述上身可自由转动地连接的 2 个腿部，其特征在于：采用偏离上述绕上述垂直轴转动的关节的转动轴线的方法，在上述腿部外侧配置驱动上述绕上述垂直轴转动的关节的驱动源。

腿式步行机器人

技术领域

本发明涉及一种腿式步行机器人，具体涉及上身和腿部容易装卸的双足步行的腿式步行机器人。

背景技术

关于以往有关腿式步行机器人的技术，提出了多种技术，已知的有例如在日本特开平 3—184782 号公报中记载的技术。

在特开平 3—184782 号公报中，为减少腿部（连杆）的惯性质量，在机器人上身的一部分（腰板）上配置为驱动连接上身和腿部的关节的驱动源（电动机）。在腿式步行机器中，在使驱动源的输出（转动）减速传递到关节的过程中，为了提高减速比和空间效率，通常采用谐波传动（谐波减速器，商品名）等输入和输出在同一轴上的高减速比的减速器。

在上述的技术中，如要拆卸腿部，需要先拆卸腰部的减速器的构成部件（在谐波减速器中，挠曲花键轴和环形花键轴）。此外，在组装时需要相反的顺序，很繁琐。

特别是在环形花键轴中咬合齿轮嵌入挠曲花键轴，尽管拆卸比较容易，但组装需要咬合齿轮，不一定能满足维修性能要求。此外，在调整从驱动源将驱动力传递给减速器的皮带的张力时，也需要从机器人的上身拆卸腰板，很繁琐。

发明内容

因此，本发明的目的是消除上述不方便之处，提供一种腿部容易装卸的、提高了维修性能的腿式步行机器人。

此外，本发明的第 2 个目的是提供一种能够容易地接触从驱动连

接上身和腿部的关节的驱动源传递驱动力的动力传递手段并且需要时能够进行调整的腿式步行机器人。

此外，本发明的第 3 个目的是提供一种能够防止腿部在相对变位时相互干扰的、旋转动作等容易的、由此扩大步容设计自由度的腿式步行机器人。

为解决上述问题，如技术方案 1 记载，在至少具备上身及借助各自绕垂直轴转动的关节与上述上身可自由转动地连接的多个腿部的腿式步行机器人中，其特征在于：驱动上述绕上述垂直轴转动的关节的驱动源配置在上述腿部一侧。

由于驱动连接上身和腿部的绕垂直轴转动的关节的驱动源配置在腿部一侧，容易从机器人上身装卸腿部，可以提高腿式步行机器人的腿部的维修性能。

如技术方案 2 记载，采用偏离上述关节的转动轴线的方法，配置驱动源，借助动力传递手段连接上述关节。

将驱动连接上身和腿部的关节的驱动源偏离关节的转动轴线，具体是，使减速器的输入轴（即，关节的转动轴）离开驱动源（电动机）的输出轴，成为平行轴，同时将驱动源相对机器人前进方向配置在腿部外侧的后面。此外，借助动力传递手段即皮带连接驱动源和关节。

通过这样的结构，可以起到与技术方案 1 相同的作用，同时，腿部可以任意角度转动，旋转动作等容易，且可扩大步容设计的自由度。

如技术方案 3 记载，用外壳覆盖上述驱动源，同时在上述外壳与上述上身相对的位置穿孔设置开口部。

由于是用外壳覆盖上述驱动源，同时在外壳与上身相对的位置，具体是腿部的上端附近穿孔设置开口部即改锥等调试器具的插入孔，容易接触驱动连接上身和腿部的关节的皮带等传递手段，同样能够提高维修性能。

如技术方案 4 记载，提供一种至少具备上身及借助各自绕垂直轴

转动的关节可自由转动地与上述上身连接的2个腿部的腿式步行机器人，其特征在于：采用偏离上述绕上述垂直轴转动的关节的转动轴线的方法，将驱动上述绕上述垂直轴转动的关节的驱动源配置在上述腿部的外侧。

在双足步行的腿式步行机器人中，由于采用偏离上述绕上述垂直轴转动的关节的转动轴线的方法，将驱动上述绕上述垂直轴转动的关节的驱动源配置在上述腿部的外侧，即，相对机器人前进的方向，右腿部在右侧、左腿部在左侧，具体是在左右侧的后侧配置为2个腿部备置的驱动源，这样可防止在使上述2个腿部相对变位时的干扰，所以能够以任意角度转动腿部，使旋转动作等变得容易，能够扩大步容设计的自由度。

附图说明

图1是本发明的一个实施方式的腿式步行机器人的正视图。

图2是图1中所示腿式步行机器人的右侧面图。

图3是以关节为中心整体表示图1中所示腿式步行机器人的内部结构的概略图。

图4是表示图3所示控制装置的详细情况的框图。

图5是用图1的V－V线切断的局部剖视图。

图6是从上方看从上身拆卸的右侧腿部的上面图。

图7是图6的VII－VII线截面图。

图8是从斜下方看图1等所示腿式步行机器人的上身的底视立体图。

图9是从斜上方看图6所示机器人右侧腿部的上视立体图。

图10是图1及图2的X－X线截面图。

图11是图6中符号XI表示部分的局部放大图。

图12是说明在调整皮带（动力传递手段）张力时机器人的上身与腿部之间的位置关系的立体图。

具体实施方式

以下，参照附图说明本发明的一个实施方式的腿式步行机器人。

图 1 是有关本发明的一个实施方式的腿式步行机器人（以下简称“机器人”）1 的正视图，图 2 是其侧面图。此外，作为腿式步行机器人，以双足步行的机器人为例。

如图 1 所示，机器人 1 具有 2 个腿部（腿部连杆）2，同时在其上方设置上身（基体）3。在上身 3 的上部形成头部 4，同时在上身 3 的两侧连接 2 个臂部连杆 5。此外，如图 2 所示，在上身 3 的背部设有贮藏部 6，在其内部安装有控制装置（后述）及驱动机器人 1 关节的电动机（驱动源，后述）的电池电源（图未示）等。此外，图 1 及图 2 所示的机器人 1 安装有保护内部结构的盖。

参照图 3，以关节为中心说明上述机器人 1 的内部结构。

如图所示，机器人 1 在左右各自的腿部 2 上装有 6 个关节。

12 个关节由腰部的腿旋转用的绕垂直轴（Z 轴或重力轴）转动的关节 10R、10L（右侧为 R，左侧为 L，以下相同）、胯骨（腰部）的转动方向（绕 X 轴）的关节 12R、12L、腿（腰部）的俯仰方向（绕 Y 轴）的关节 14R、14L、膝盖部的俯仰方向（绕 Y 轴）的关节 16R、16L、脚尖部的俯仰方向（绕 Y 轴）的关节 18R、18L、及同一转动方向（绕 X 轴）的关节 20R、20L 组成。在腿部连杆 2R 下部安装有平板脚（足部）22R、22L。

即，腿部 2 由胯骨关节（腰关节）10R(L)、12R(L)、14R(L)、膝关节 16R(L)及足关节 18R(L)、20R(L)组成。胯骨关节和膝关节由大腿连杆 24R(L)连接，膝关节和足关节由小腿连杆 26R(L)连接。

腿部（腿部连杆）2 借助胯骨关节与上身 3 连接，但图 3 中作为上身连杆 28 简要示出上身 3。如上所述，臂部连杆 5 与上身 3 连接。

臂连杆 5 由肩部的俯仰方向的关节 30R、30L，相同转动方向的关节 32R、32L，臂的旋转用的绕垂直轴转动的关节 34R、34L，绕肘部的俯仰轴转动的关节 36R、36L，手腕旋转用的绕垂直轴转动的

关节 38R、38L 组成。手腕的顶端安装有手（作业操作装置）40R、40L。

即，臂连杆 5 由肩关节 30R(L)、32R(L)、34R(L)、肘关节 36R(L)及手腕关节 38R(L)组成。此外，肩关节和肘关节由大臂连杆 42R(L)连接，肘关节和手由小臂连杆 44R(L)连接。

头部 4 由绕垂直轴转动的颈关节 46 及头部摆动结构 48 组成，该头部摆动结构 48 通过垂直于颈关节 46 的轴转动头部 4。作为外部传感器，在头部 4 的内部装有由 CCD 等组成的视觉传感器（未图示）。

根据上述构成，腿部 2 具有左右腿合计 12 个自由度，在步行中通过以适宜的角度驱动上述 12 个关节，能够为腿整体提供所希望的动作，能够任意在 3 维空间步行。此外，臂连杆 5 分别为左右臂提供 5 个自由度，通过以适宜的角度驱动上述关节能够进行所希望的作业。

此外，在足关节下方的足部 22R(L)中安装有公知的 6 轴力传感器 50，在作用于机器人的外力内，检测从接地面作用于机器人的地面反作用力的 3 方向分力 Fx、Fy、Fz 和力矩的 3 方向成分 Mx、My、Mz。

此外，在上身 3 上设置了倾斜的传感器 54，检测对垂直轴的倾斜及其角速度。另外，各关节的电动机借助减速和增速其输出功率的减速器后述使上述连杆 24、26R(L)等相对变位，同时还设置了检测其旋转量的旋转编码器（图 3 中图示略）。

如上所述，在贮藏部 6 的内部装有由微型计算机组成的控制装置 60 等， 6 轴力传感器 50 等的输出（为便于图示，只图示机器人 1 的右侧）传送给控制装置 60。

图 4 是详细表示控制装置 60 构成的框图。

如图所示，控制装置 60 由微型计算机构成。在图中，倾斜传感器 54 等的输出通过 A/D 转换器（图中用“ A/D”表示）62 变换成数字值，该输出借助信息转移通路 64 传送给 RAM66。此外，在各关

节，与电动机相邻配置的编码器的输出借助计数器 68 输入给 RAM66 内。

在控制装置 60 内设有由 CPU 组成的演算装置 70，演算装置 70 基于 ROM72 中储存的数据及传感器的输出计算出驱动各关节所需的控制值（操作量），借助 D/A 转换器（图中用“D/A”表示）74 和各关节上设置的促动驱动装置（放大器）76 为驱动各关节的电动机输出功率。

在此实施方式的机器人 1 中，其特征在于：在具有借助胯骨关节中的绕各自腿部旋转用的垂直轴转动的关节 10R(L)可自由转动地与上身 3 连接的多个，具体是 2 个腿部 2 R(L)的机器人 1 中，通过在腿部 2 R(L)配置驱动关节 10 R(L)的驱动源（电动机，后述），能够容易地从上身 3 装卸腿部 2 R(L)。

下面，参照表示右侧腿部 2R 的图 5 至图 7 说明关节 10R 的构成。

图 5 是图 1 所示机器人 1 的腿部 2R 的局部剖视图即 V－V 线截面图，图 6 是从上方看从上身 3 拆卸腿部 2R 的上视图，图 7 是用图 6 的 VII－VII 线切断的说明截面图。此外，在图 6 及图 7 中，为简化说明，只图示了关节 10R 的外部。

如图 5 及图 6 所示，在腿部 2R 的上端附近，配置了腰部腿旋转用的绕垂直轴转动的关节 10R。关节 10R 具有上身固定部 80 和连接关节 10R 和关节 12 的框架部件 82。固定部 80 上穿孔设置有可固定在上身 3 上的螺栓孔（后述）。

上身固定部 80 及框架部件 82 借助轴承 83 可相对转动地连接在一起，同时由减速器，具体为谐波传动 84 提供其相对转动的驱动力。框架部件 82 上整体设有电机安装部件（壳体）86，在其内部装有驱动源，具体为电动机 88（图 6 中用细点划线表示）。由旋转编码器 89 测定电动机 88 的转动量，同时借助皮带（动力传递手段）90 将驱动力传递给谐波传动 84。

下面，参照图 7 进一步详细说明关节 10R 的构成。

第一皮带轮（动力传递手段）96 固定在电动机 88 的输出轴 94 上，输出轴 94 收装在电动机安装部件 86 内的适宜位置上，同时在第一皮带轮 96 上以适当的张力卷挂皮带 90。皮带 90 的另一端卷挂在谐波传动 84 的输入轴侧的第二皮带轮（动力传递手段）98 上。第二皮带轮 98 固定在波导振荡器 100 上，与其同轴转动。从而，电动机 88 的驱动力经皮带 90 传递到谐波传动 84。

波导振荡器 100 配合在挠曲花键轴 102 内，挠曲花键轴 102 的输出部 102a 固定在上身固定部 80 一侧，此外，环形花键轴 104 的输出部 104a 固定在框架部件 82 一侧。挠曲花键轴 102 通过咬合各自的齿轮嵌入在环形花键轴 104 中。

在关节 10R 中，如电动机 88 输出的驱动力借助皮带 90 输入给谐波传动，众所周知，在挠曲花键轴 102（即上身固定部 80）和环形花键轴 104（即框架部件 82）之间产生相对运动。

如图 6 所示，如以从上方看时为例更详细地说明，电动机 88 如顺时针转动，则借助第一皮带轮 96、皮带 90 及第二皮带轮 98 传递其驱动力，从而顺时针转动波导振荡器 100。如分别逆时针驱动挠曲花键轴 102，顺时针驱动环形花键轴 104，则逆时针驱动固定其输出部 102a、104a 的上身固定部 80，顺时针驱动框架部件 82，从而产生相对转动运动，因此，腿部 2R 相对上身 3 顺时针转动。

此外，腿部 2R 的关节 10R 以外的关节 12、14 等的构成由于与特开平 3—184782 号公报中记载的构成相同，这里省略说明，同时也省略图 5 等中的图示。此外，腿部 2R(L)由于是左右对称形成，也省略了左侧的腿部 2L 的说明。

下面，参照图 8 及图 9 说明在上身 3 上装卸腿部 2R(L)。

图 8 是从斜下方看上身 3 的底视立体图，图 9 是从斜上方看腿部 2R 的上视立体图。此外，图 8 往后，在图示上身 3 时，为简化说明省略头部 4 及手臂连杆 5R(L)的图示。

如图 8 所示，在上身 3 底面侧的腰板 110 的腿部安装面 112 上，穿孔设置有为螺栓固定腿部 2R(L)的第二螺栓孔 114R(L),同时形成有

突出的双头螺栓 116 R(L)。在腿部安装面 112 的适宜位置穿孔设置定位孔 118。

如图 9 所示，在腿部 2R 的上身固定部 80，在与第二螺栓孔 114R(L)、双头螺栓 116 R(L)对应的位置上，为在上身固定腿部 2R 穿孔设置第一螺栓孔 120。此外，在上身固定部 80 的上面（与腿部安装面 112 的正对面），在与定位孔 118 对应的位置设置突起部 121。

如果说明在上身 3 安装腿部 2R 的顺序，首先是，沿图 8 及图 9 所示的虚线 8a 及 8b，将上身 3 侧的双头螺栓 116 R 插入螺栓孔 120 中，将突起部 121 插入定位孔 118，定位后，从上身固定部 80 的下方往双头螺栓 116 上拧螺母（无图示）。然后，从上身固定部 80 的下方沿虚线 8c 及 8d 插通螺栓孔 120，随后将螺栓 122 插入螺栓孔 114，拧紧。由此结束在上身 3 安装腿部 2。

如上所述，在以往的技术中，由于驱动源配置在腰部，在腰部安装腿部时需要一边咬合挠曲花键轴和环形花键轴的各自的齿轮一边组装，作业繁琐，而在本发明的机器人 1 中，由于在腿部 2R(L)侧配置电动机 88，在从机器人 1 的上身 3 装卸腿部 2R(L)时，不需要拆卸谐波传动 84 的构成部件，因而，腿部 2R(L)的安装只需固定螺栓，非常方便，能够提高维修性能。

此外，在从上身 3 拆卸腿部 2R 时，由于不需要考虑定位等，只需拆卸紧固双头螺栓 116 的螺母、螺栓 122 即可。

如返回到图 6 的说明，采用偏离关节 10R 的转动轴线 92 的方法，配置电动机 88。具体是，隔开电动机 88 的输出轴（线）和谐波传动 84 的输入轴线（即关节的转动轴线），作为平行轴，同时，相对机器人 1 前进方向将电动机 88 配置在腿部的外侧后方。此外，相对机器人 1 前进方向（X 轴方向）将电动机 88 配置在腿部 2R 的右外侧的后方，借助皮带 90 与关节 10R 连接。

下面，参照图 6 及图 10(a)、(b)，说明机器人 1 的旋转动作。

图 10(a)、(b)是用图 1 及图 2 的 X－X 线切断腿部 2R(L)的截面

图。此外，图示以关节 10R(L)为焦点，只图示其外部，平板脚 22 R(L)等的图示省略。

为了使机器人 1 的旋转动作容易，扩大步容设计的自由度，关节 10R(L)需要能使腿部 2R(L)及未图示的平板脚 22 R(L)从图 10(a)所示状态向图 10(b)所示那样的以任意角度转动的构成。

因此，在此实施方式中，如前所述，采用偏离关节 10R（L）的转动轴线 92 的方法配置电动机 88。具体是，相对机器人 1 前进方向（X 轴方向）将电动机 88 配置在腿部 2R（L）的外侧的后方，借助皮带 90 与关节 10R 连接。

由此，如图 10(b)所示，左右腿部 2R(L)互不干涉，能够以任意角度转动腿部 2R(L)，能够实现上述目的。

下面再回到图 6 的说明的同时，参照图 11 及图 12，说明从电动机 88 向谐波传动 84 传递驱动力的皮带 90 的张力调整。

随时间的变化，皮带 90 张力会下降，在此种情况下，第一皮带轮 96 和波导振荡器 100 之间产生打滑。由于在电动机 88 侧设有编码器 89，如产生上述那样的打滑，除传递力下降外，给电动机 88 的指令值与实际输入到波导振荡器 100 的转速出现误差，有降低控制性的危险。

在覆盖电动机 88 的电机安装部件 86 与上身 3 相对的位置上形成开口（开口部）124。具体是，如图 6 中符号 XI 所示的外部局部放大图即图 11 所示，电机安装部件 86 与上身 3 相对的位置上形成开口 124，此外，穿孔设置用于调节电动机 88 位置的调节器具插入孔（开口部）125。

电动机 88 通过螺栓 126a、126b 固定在电机安装部件 86 上面一侧。此外，实际上，在开口 124 上安装有盖（未图示），在调节皮带 90 时可以开关。

在此，螺栓 126a 插入于未图示的固定孔，而螺栓 126b 则沿细点划线表示的沟槽部 128 可动。即，在调整皮带 90 的张力时，首先松动螺栓 126a、126b，随后往调节器具插入孔 125 插入如改锥 130 等

调节器具，移动电动机 88 的位置。电动机 88 转动作为支承轴（中心轴）、卡住螺栓 124a 的轴，例如，移动到表示为（88）的位置，由此调整皮带 90 的张力。

由于在与上身 3 相对的位置形成开口 124，通过使腿部 2（只图示 R）在图 12 所示的位置转动，不用从上身 3 拆卸腿部 2R(L)，就能接触皮带 90，调整其张力。

在本实施方式的机器人 1 中，如上所述，由于电动机 88 配置在腿部 2R(L)侧，容易从上身 3 装卸腿部 2R(L)。即，例如在调整腿部等时，可提高机器人 1 的腿部 2R(L)的维修性能。

此外，由于是采用偏离关节 10R(L)的转动轴线 92 的方法，具体是相对机器人 1 前进方向（X 轴方向），在腿部的外侧的后方配置电动机 88，同时借助皮带 90 连接关节 10R(L)，能够以任意角度转动关节腿部 2R（L），使旋转动作等容易，可扩大步容设计的自由度。

此外，由于在覆盖电动机 88 的电机安装部件 86 与上身 3 相对的位置上穿孔设置开口 124，在不从上身 3 上拆卸腰板 78 即在机器人 1 直立的状态或挂在支架（无图示）上等的状态下，能够调整皮带 90 的张力。

在此实施方式中，如上所述，提供一种至少具备上身 3 及借助各自关节 10R(L)与上述上身可自由转动地连接的多个腿部 2 R(L)的腿式步行机器人 1，将驱动上述关节的驱动源（电动机 88）配置在上述腿部一侧。

另外，采用偏离上述关节的转动轴线 92 的方法，配置上述驱动源，借助动力传递手段（皮带 90）与上述关节连接。

此外，在用壳体（电机安装部件 86）覆盖上述驱动源，同时在上述壳体与上述上身相对的位置上穿孔设置开口部（开口 124，调节器具插入孔 125）。

此外，提供一种至少具备上身 3 及借助各自关节与上述上身可自由转动地连接的 2 个腿部 2 的双足步行的腿式步行机器人 1，采用偏离上述关节的转动轴线 92 的方法，在上述腿部的外侧配置驱动上述

关节的驱动源（电动机 88），由此，防止上述 2 个腿部在相对变位时的干扰（图 10(b)）。

此外，以腰部的腿旋转用关节作为绕垂直轴（Z 轴或重力轴）转动的关节，但并不只限于此，总之，在连接上身和腿部的关节中，只要是在腿部侧配置驱动源的结构，也可以是例如：回转中心轴相对于垂直轴倾斜这样的关节。

此外，在本发明中，作为动力传递手段采用皮带及皮带轮，但也可以采用齿轮机构等其他传递手段。

此外，就双足的腿式步行机器人说明了本发明，但也适合双足步行以外的多腿式步行机器人。

如果采用本发明，容易从机器人上身装卸腿部，能够提高腿式步行机器人的腿部的维修性能。此外，能够以任意角度转动腿部，使旋转动作等变得容易，能够扩大步容设计的自由度。此外，能够容易接触驱动连接上身和腿部的关节的皮带等动力传递手段，同样能够提高维修性能。能够进一步以任意角度转动腿部，使旋转动作等更加容易，进一步扩大步容设计的自由度。

图1

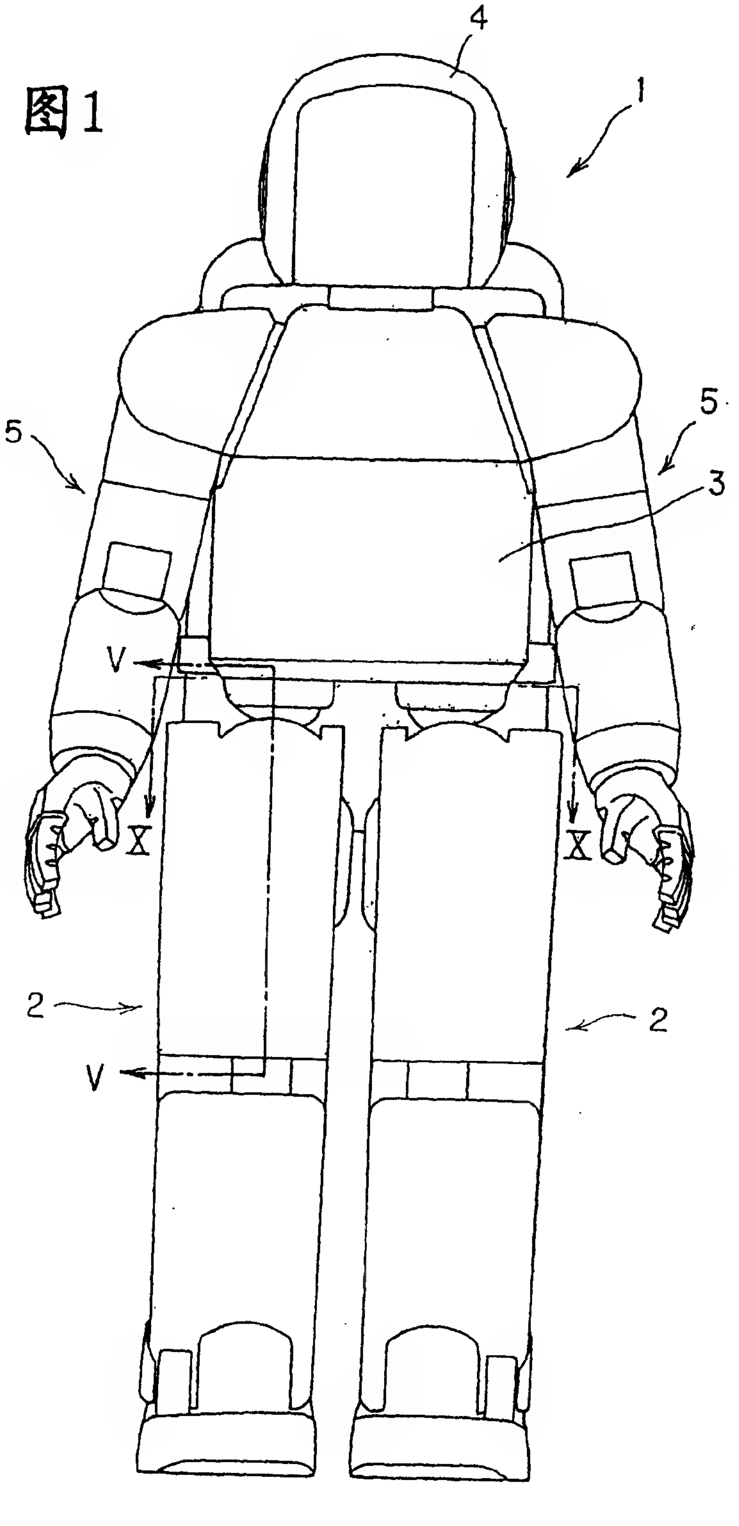


图2

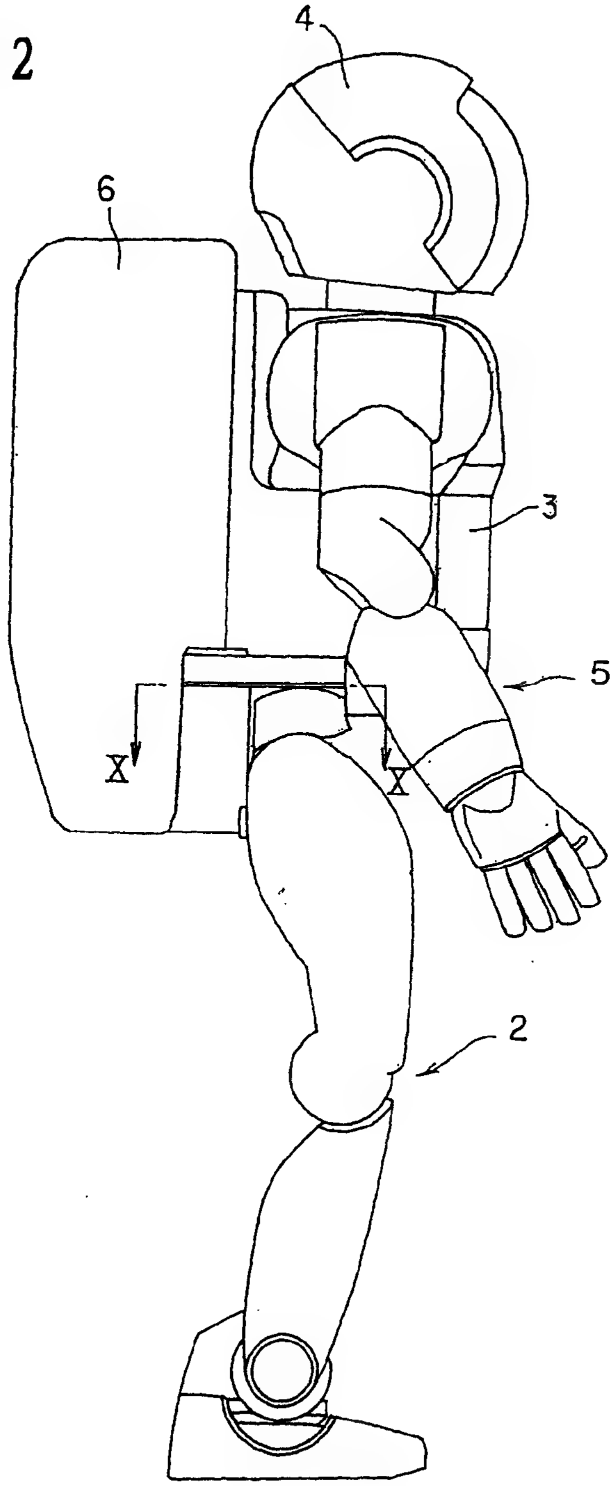


图3

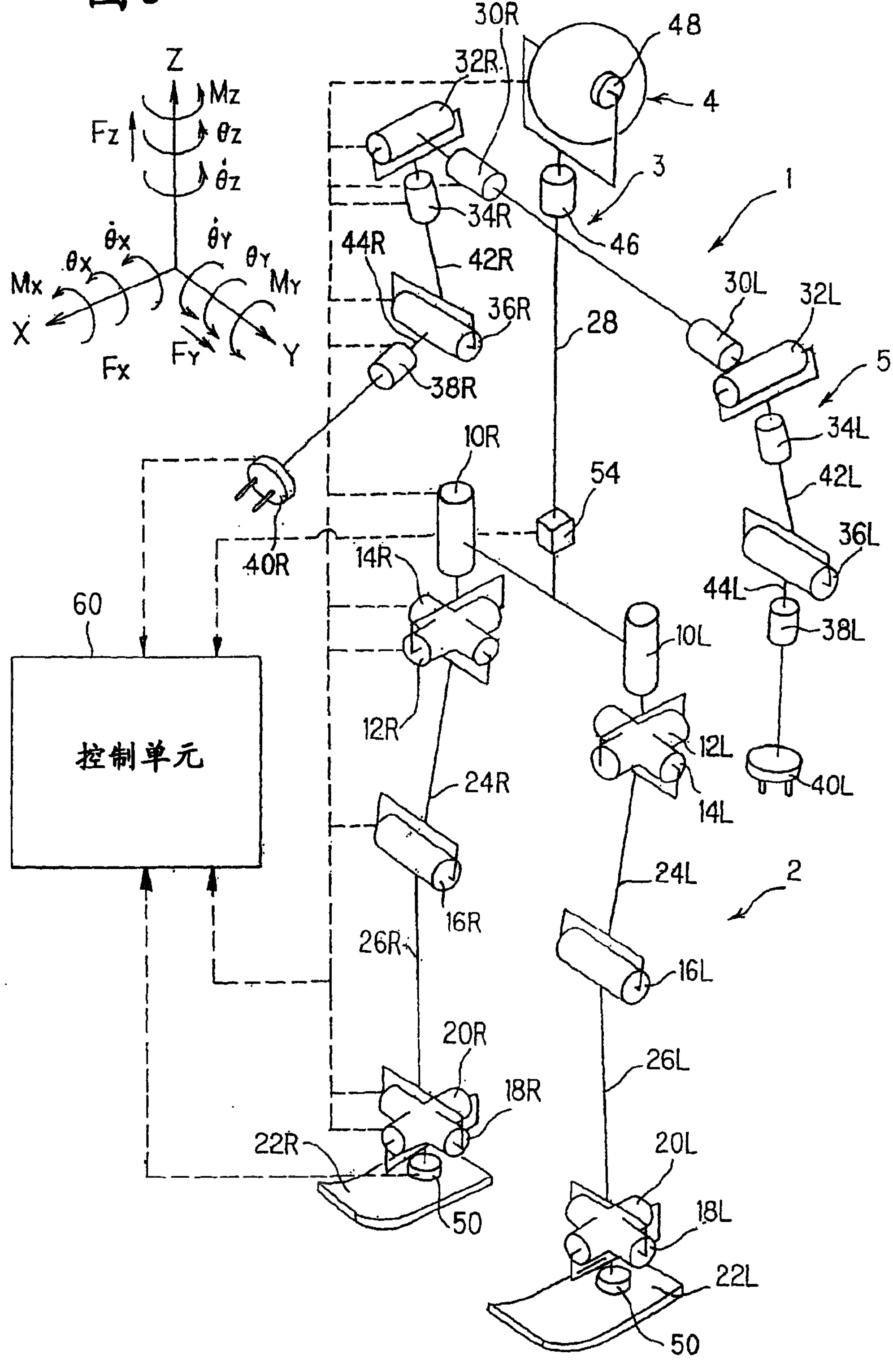

Z
Mz
Fz
θz
X
Mx
θx
Y
My
θY
Fx
FY
30R
32R
48
4
3
1
34R
46
44R
42R
36R
28
30L
32L
5
38R
34L
10R
54
42L
36L
40R
14R
44L
38L
60
控制单元
10L
12R
12L
40L
14L
24R
24L
2
16R
16L
26R
20R
26L
18R
22R
20L
50
18L
22L
50

图4

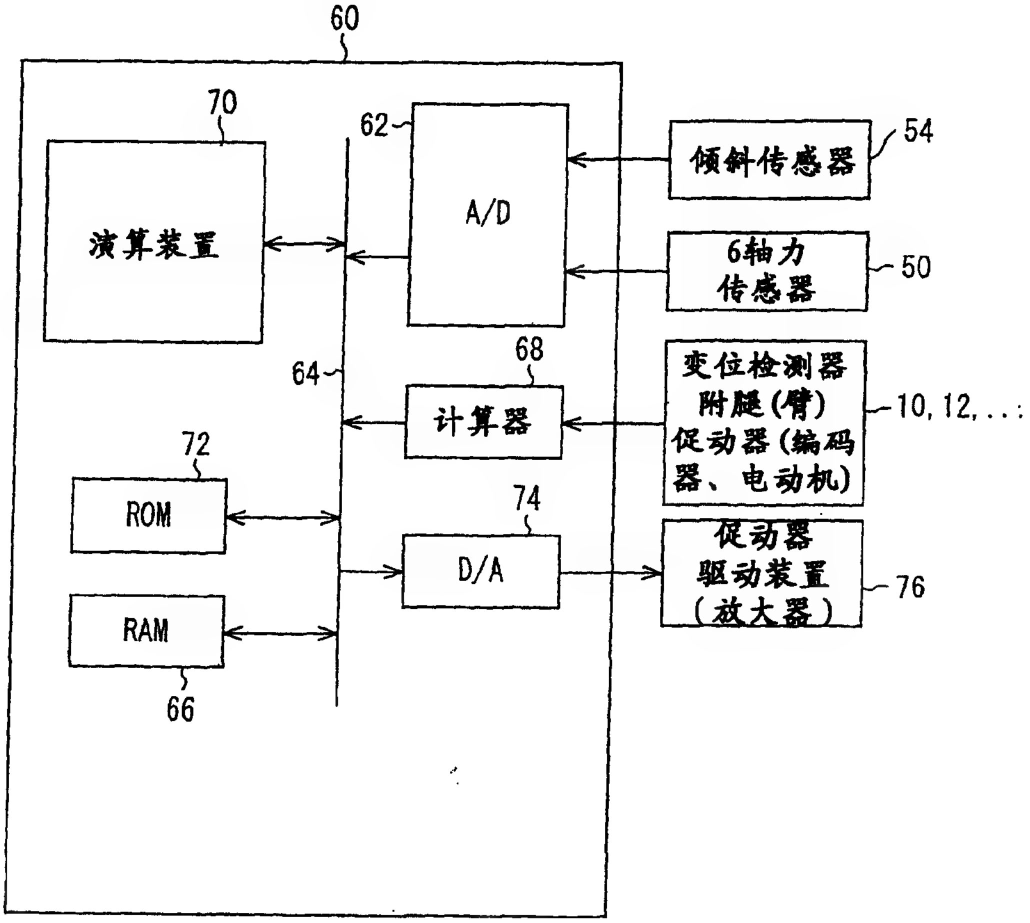

60
70
演算装置
62
A/D
倾斜传感器
54
6轴力
传感器
50
64
68
计算器
变位检测器
附腿(臂)
促动器(编码
器、电动机)
10,12,...:
72
ROM
74
D/A
促动器
驱动装置
(放大器)
76
RAM
66

图5

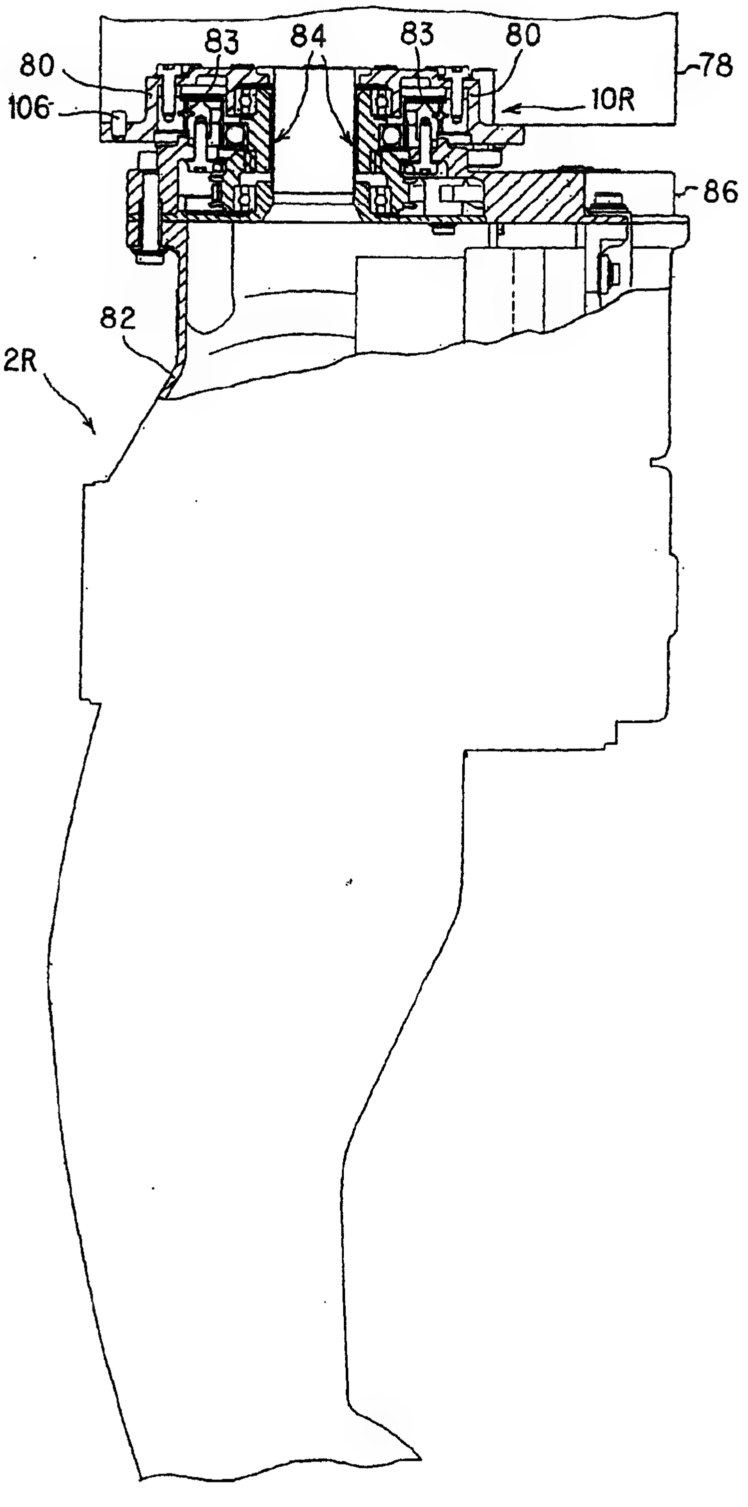


图6

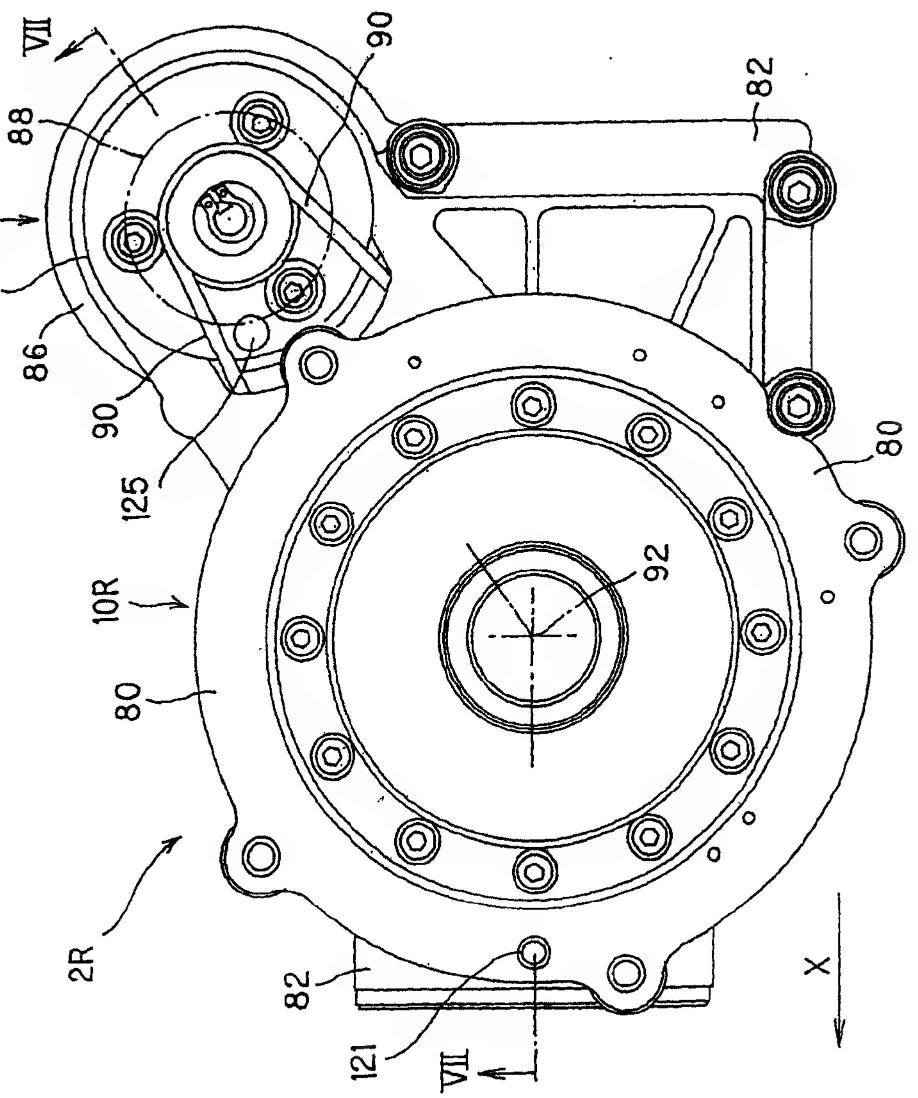


图7

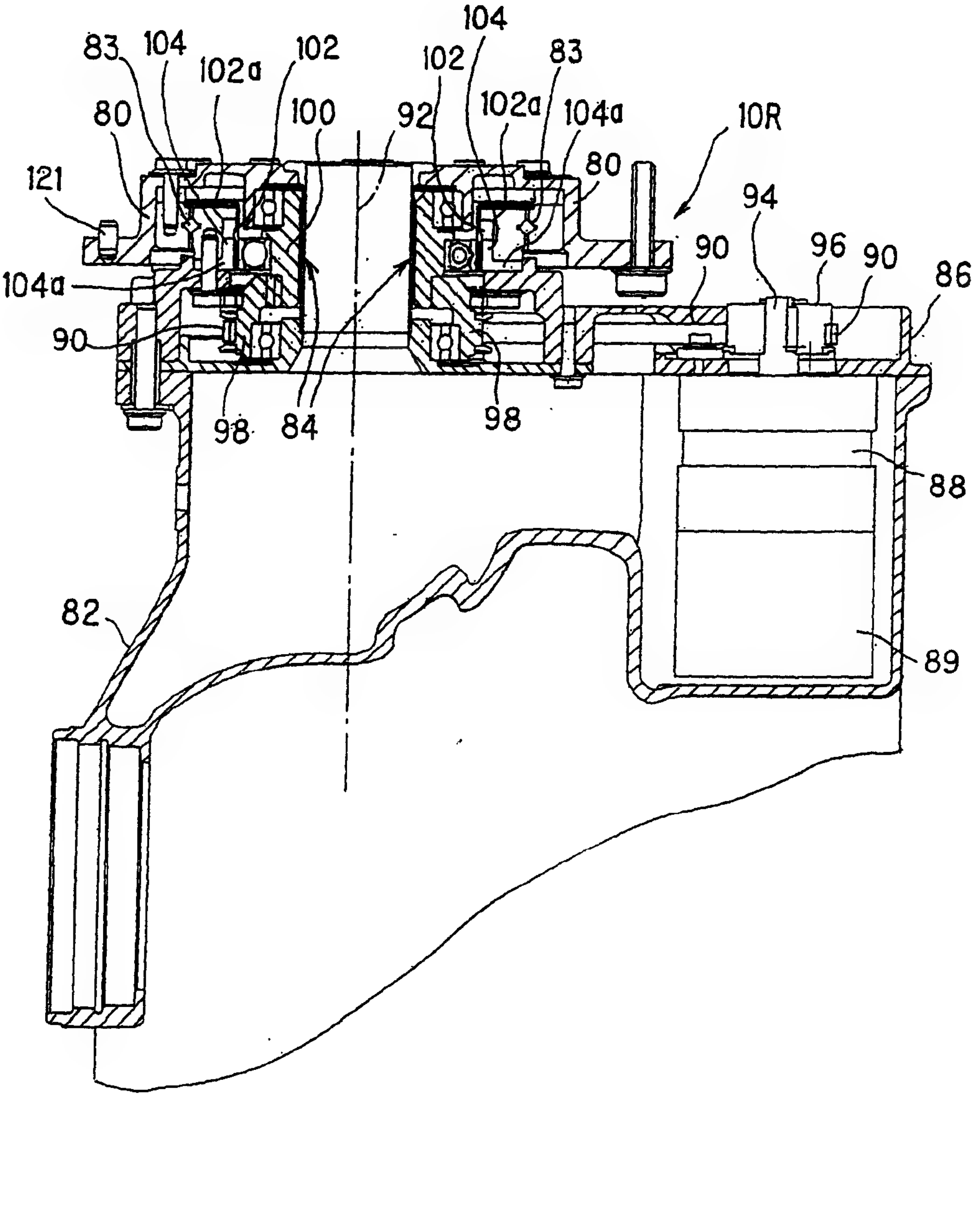

83
104
102a
102
80
100
92
121
104a
90
98
84
104
102
83
102a
104a
80
10R
94
90
96
90
86
98
88
82
89

图8

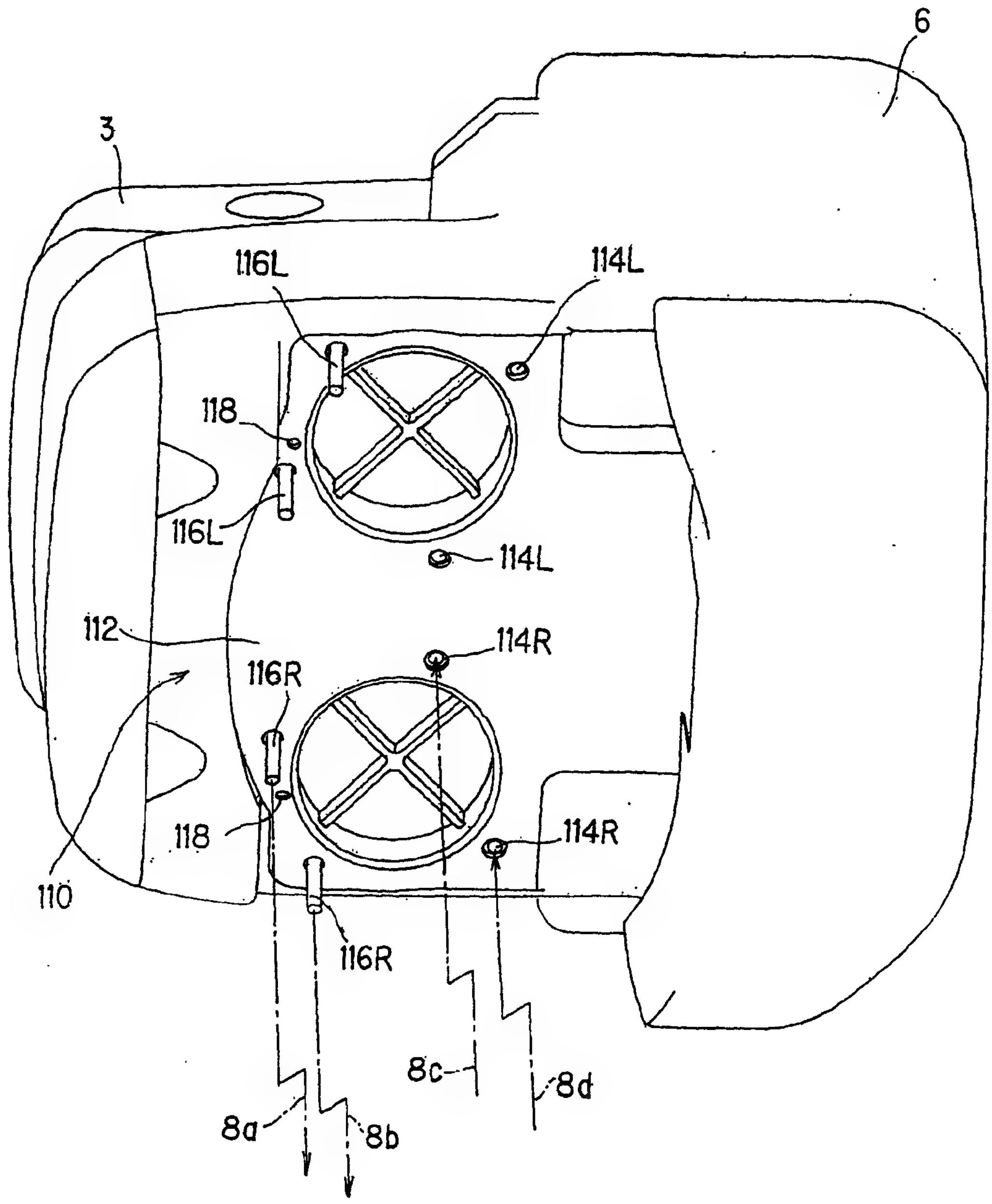

6
3
116L
114L
118
116L
114L
112
114R
116R
118
114R
110
116R
8c
8d
8a
8b

图9

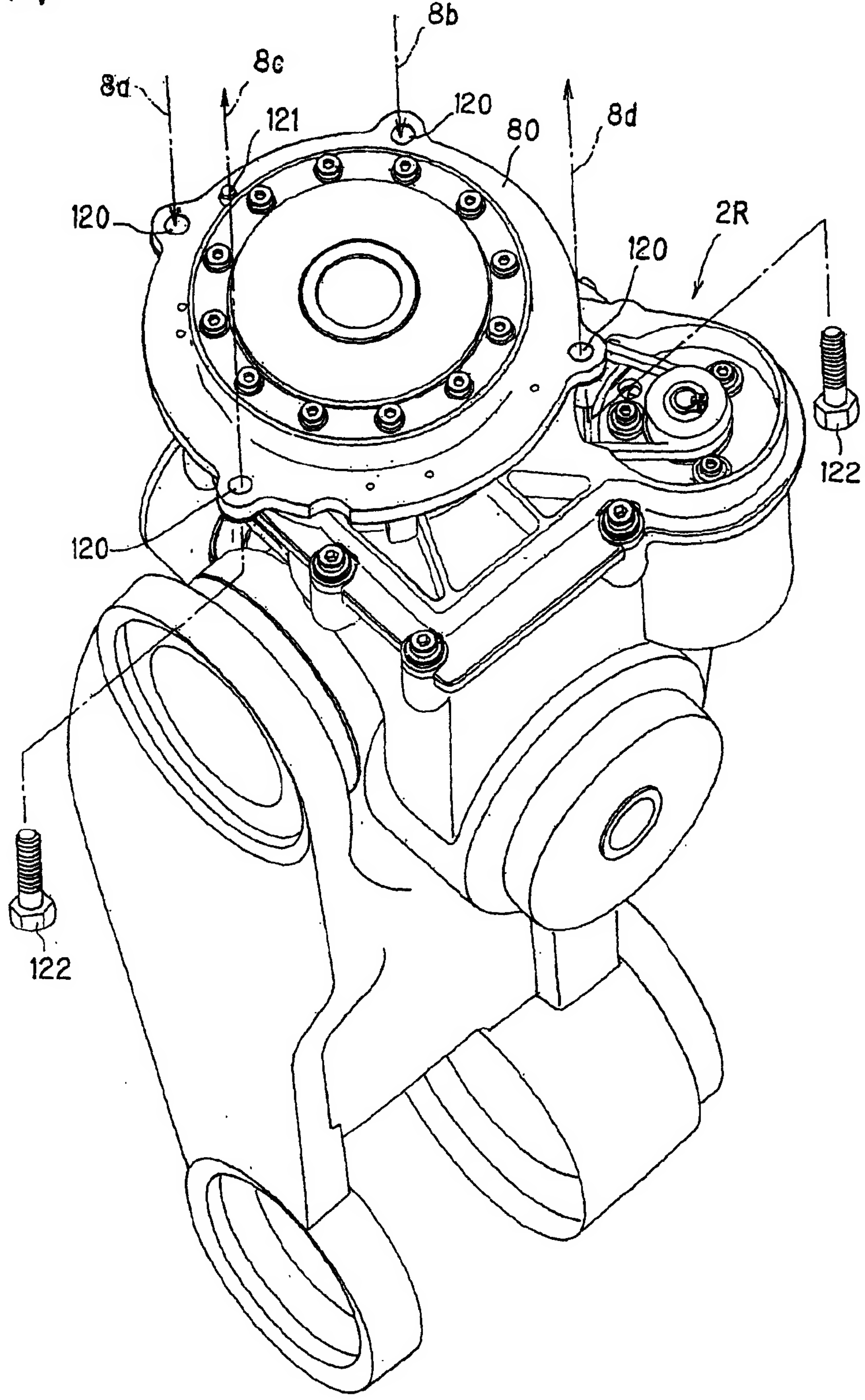


图10A

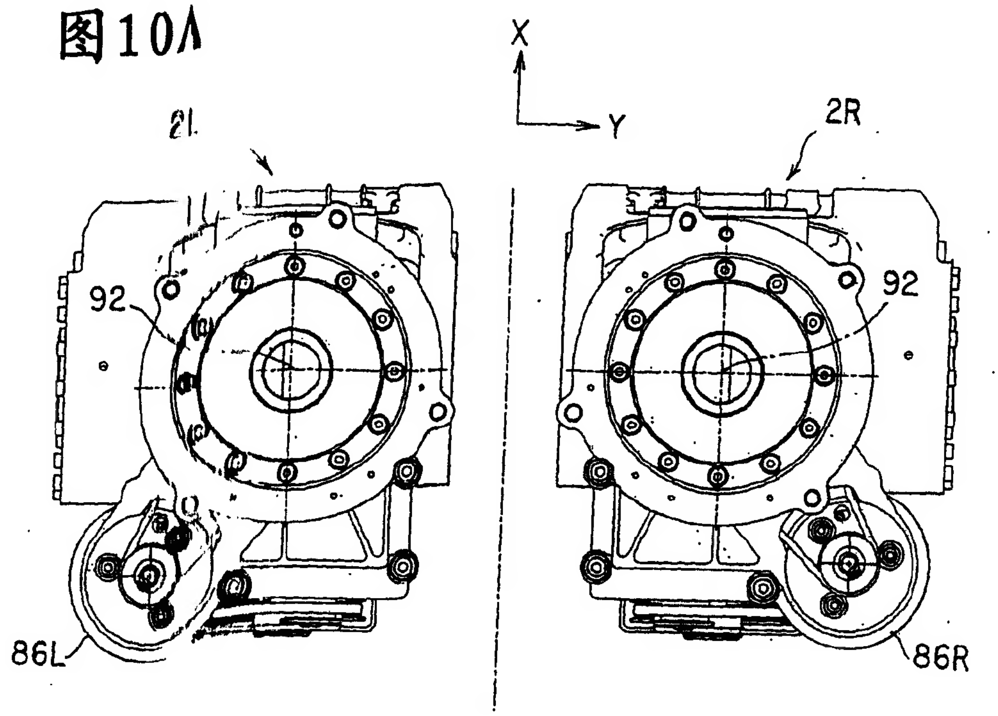


图10B

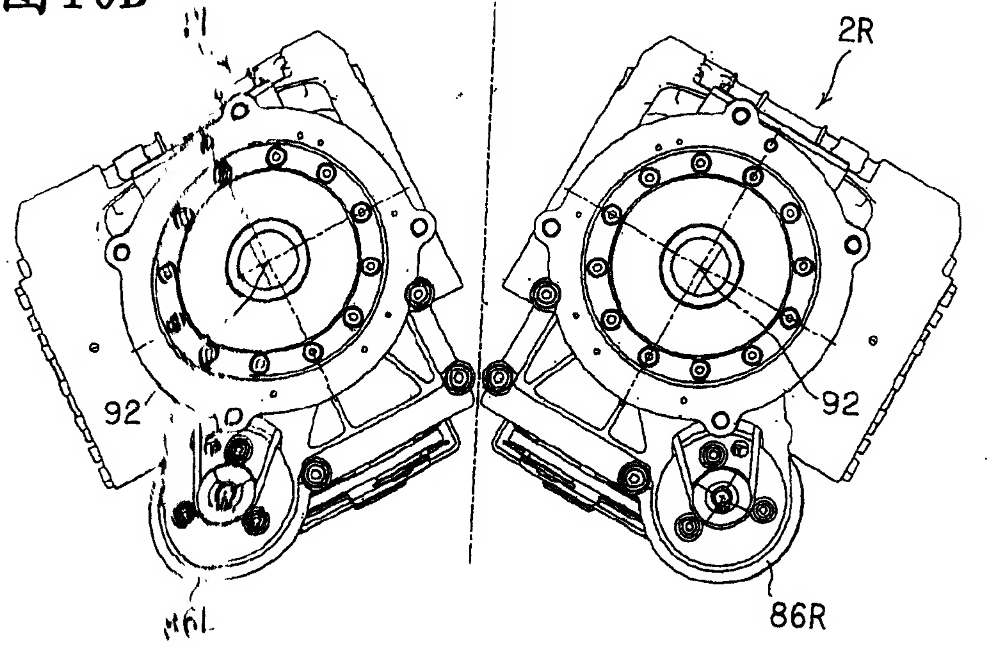


图11

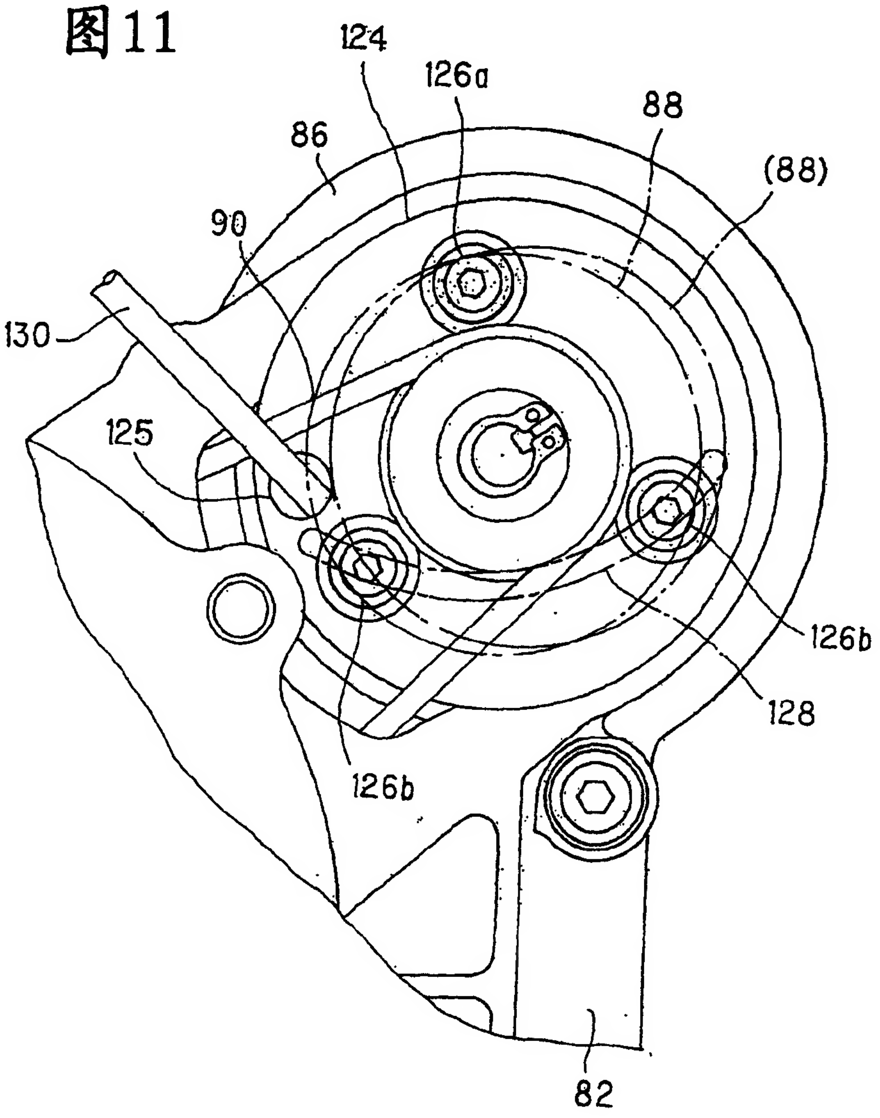
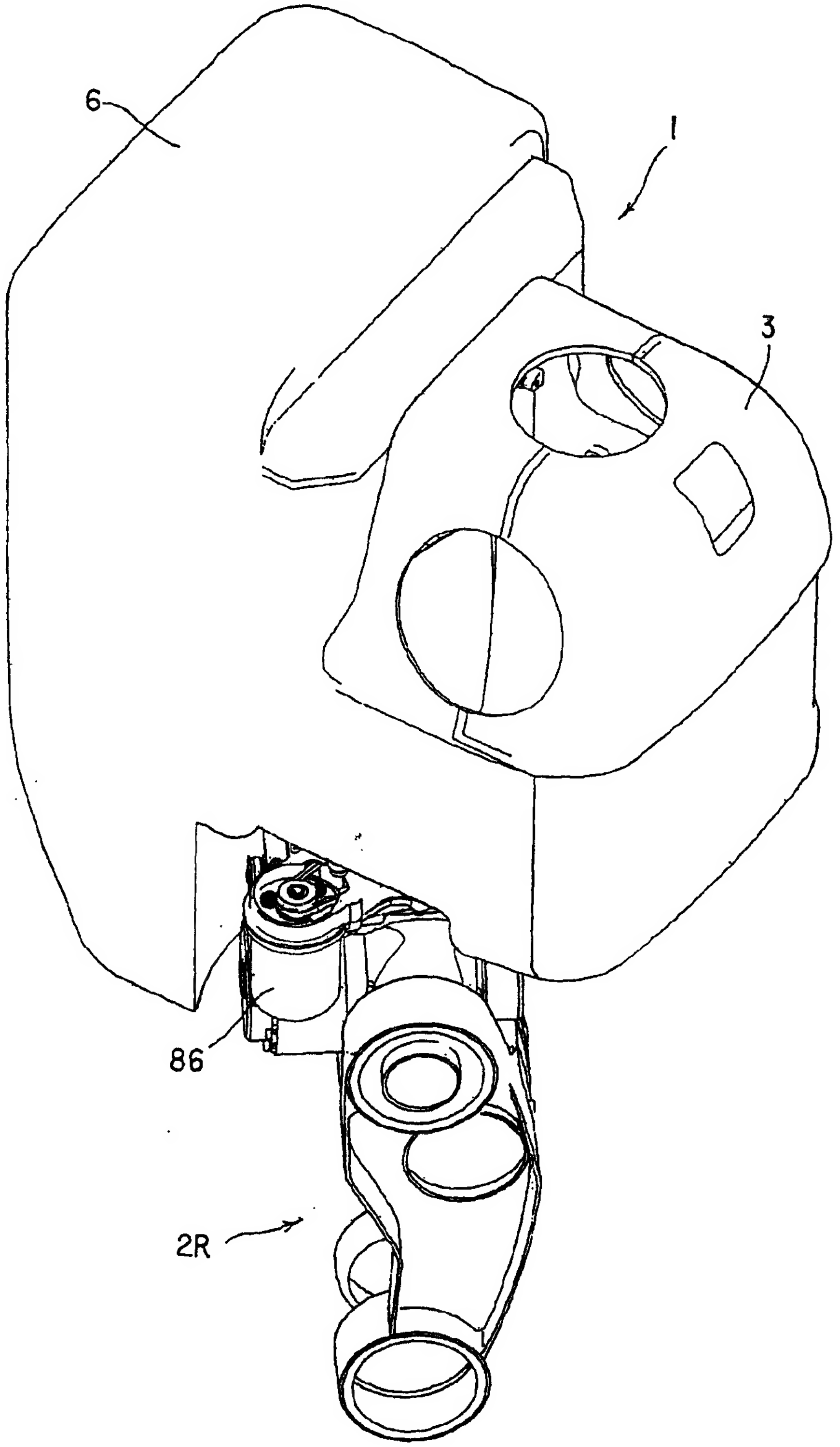



图12